

Varer større stimuli lengre?

Andreas Valen-Sendstad



Innlevert som hovedoppgave ved
Psykologisk institutt

UNIVERSITETET I OSLO

30.04.2010

Varer større stimuli lengre?

Andreas Valen-Sendstad

Psykologisk institutt, Universitetet i Oslo

© Andreas Valen-Sendstad

2010

Varer større stimuli lengre?

Andreas Valen-Sendstad

<http://www.duo.uio.no/>

Sammendrag

Forfatter: Andreas Valen-Sendstad

Tittel: Varer større stimuli lengre?

Veileder: Torleif Halkjelsvik

Store stimuli oppfattes som om de varer lengre enn små stimuli. Dette kan skyldes at størrelse i seg selv gjør at de blir oppfattet lengre, eller det kan være fordi store stimuli skiller seg mer ut enn små. Jeg utfører i denne artikkelen to eksperimenter som kan brukes til å evaluere disse to forklaringene. Drøfter hvordan dette passer inn i teori og tidligere empiri.

Totalt deltok 32 voksne personer i to psykofysiske eksperimenter. Begge eksperimenter brukte bakgrunnsstimuli og teststimuli i forskjellig størrelse eller mengde. I det første eksperimentet observerte deltagerne et intervall hvor firkanter i forskjellig størrelse ble vist, og skulle etterpå reprodusere dette intervallet. I det andre skulle deltagerne foreta perseptuelle vurderinger om intervaller. Resultatene bekrefter delvis at forskjeller mellom bakgrunn og stimuli gjør påvirker stimulus varighet. Dette har betydning for teori om tidsopplevelse. Walsh (2003) sin ATOM svekkes som forklaringsmodell, nevrosignaturmodeller viser seg mer nyttig.

Arbeidet er et selvstendig forskningsprosjekt. Veileder kom med den konseptuelle ideen, designet ble utformet i samarbeid mellom veileder og forfatter. Forfatter programmerte eksperimentene og samlet inn data. Bearbeiding av data ble gjort i felleskap. Forfatter analyserte data og skrev hele teksten. Det er ikke en del av et større forskningsprosjekt.

Verden kommer til oss gjennom sansene. Vi ser, hører, lukter, smaker og kjenner. Gjennom sansene opplever vi verden, slik at vi kan forholde oss til den. Alle disse sanseopplevelsene har en varighet. Denne varigheten kan beskrives på flere måter, for eksempel kan man operasjonalisere tid ved hjelp av klokke for å få et objektiv mål. Vår tidsopplevelse kan ofte være annerledes enn en slikt objektiv varighet, og det har vært kjent i lang tid at subjektiv tidsopplevelse er avhengig av egenskapene til stimuli som vi er eksponert for (for eksempel Guyau, 1890; Benussi, 1913; Helson, 1930; Helson & King, 1931). En slik egenskap ved en stimulus som påvirker vår opplevelse av varighet er størrelse. Stimuli som tar opp mye av synsfeltet oppleves som det varer lengre enn stimuli som tar opp en liten del av synsfeltet (Thomas & Cantor, 1975; Xuan, Zhang, He & Chen, 2007). En mulig forklaring på hvorfor størrelse har betydning er at det finnes et overlappende mengdesystem i hjernen som prosesserer blant annet størrelse og tid, og at disse mengdene interfererer med hverandre (Walsh, 2003). En annen mulig forklaring er at store stimuli skiller seg mer ut i forhold til bakgrunnen en små, og at dette gjør at vi er mer oppmerksomme på disse, og dermed opplever deres fulle varighet (Tse, Intriligator, Rivest & Cavanagh, 2004). Jeg vil i denne artikkelen gjennomføre eksperimenter der stimuli varierer i størrelse og i hvor mye de skiller seg ut fra bakgrunnen. Slik håper jeg å kunne si noe om større stimuli alltid oppleves å vare lengre, eller om de bare oppleves lengre så lenge de skiller seg ut fra bakgrunnen.

Større stimuli varer lengre

En rekke studier har påvist at store stimuli varer lengre enn små (Thomas & Cantor, 1975; Xuan et al., 2007). Et eksempel på dette er nevnte eksperiment av Thomas og Cantor der deltagerne hadde i oppgave å kategorisere sirkler av forskjellig størrelse i forskjellige grupper avhengig av hvor lenge de ble presentert. Det viste seg at de store sirklene ofte ble kategorisert som om de varte lengre enn gjennomsnittet, de mellomstore som om de varte kortere, og de små sirklene som om de varte kortere enn gjennomsnittet. Forholdet mellom størrelse og tidsopplevelse viste seg å ha et nesten lineært forhold, der mengden av størrelse og varighet fulgte hverandre. Intensitet er en annen egenskap som fører til samme effekt på tidsopplevelsen som størrelse. Goldstone, Lhamon og Sechzer (1978) utførte et eksperiment der de undersøkte hvordan styrken til et lys påvirket hvor lenge deltagerne oppfattet at det lyste. De presenterte lyspar der intensitet og varighet varierte, og deltagerne fikk så i oppgave

å avgjøre hvilket av de to som varte lengst. Uansett om det sterke lyset ble presentert først eller sist ble dette som regel oppfattet som det varte lenger enn det svake lyset.

Størrelsen til en stimulus påvirker ikke bare tidsopplevelsen av denne stimulusen, men kan også påvirke tidsintervallet mellom to stimuli. Xuan et al. (2007) utførte en studie der de blant annet undersøkte hvordan lysstyrke og størrelse påvirket intervallet mellom stimuli. Deltagerne ble presentert for to firkanter i forskjellig størrelse og to lys i forskjellig intensitet, og skulle så avgjøre lengden av intervallet der det ikke ble presentert noe stimulus. De fant at store forskjeller i stimulus størrelse og intensitet gjorde at pausen mellom dem ble oppfattet som om den varte lengre enn når forskjellen var liten. Dormal, Seron og Pesenti (2006) fant at mengden prikker som ble presentert hadde samme effekt, samlinger av mange prikker gjorde at tidsopplevelsen var lang, få prikker gjorde at tidsopplevelsen var kort. Også distanse påvirker tiden. Sarrazin, Giraudo, Pailhous, Bootsma, Giraudo (2004) fant at distansen mellom rekker av lysstimuli som ble presentert, påvirket hvor lang tid deltagerne oppfattet at tiden mellom disse var. Når den fysiske avstanden mellom stimuli var lang, ble også tiden mellom hvert blink oppfattet som lenge.

Dette kan oppsummeres av det Fraisse skrev i 1978 (s. 220), ”Jo mer intens stimulus er, jo lenger vurderes stimulus å vare”, eller som Xuan et al. (2007, s. 1), ”Større stimuli oppfattes som lengre”.

Forskjellige mekanismer for små og store intervall

Mange forskjellige mekanismer er foreslått for å forklare tidsopplevelsen, og det kan være forvirrende å orientere seg i litteraturen om disse da de peker i forskjellige retninger. Tidligere studier har undersøkt tidsopplevelsen i intervaller mellom 200 ms og 24 sekunder, og funnet forskjellige effekter som det er vanskelig å inkludere i en enhetlig teori om tidsopplevelse (Wiener, Turkeltaub & Coslett, 2010). På bakgrunn av dette har Lewis og Miall (2003) i en reviewartikkel hevdet det finnes forskjellige tidsmekanismer avhengig av lengden på tidsintervallet som prosesseres. De kaller systemet som jobber med intervaller under 1 sekund for et automatisk tidstakingssystem. Dette systemet prosesserer primært stimuli som er kontinuerlige og forutsigbare, som man ofte ser i bevegelser. De hevder at dette blir analysert av motorområder i hjernen, og at det ikke påvirkes av oppmerksomhet. På stimuli fra ca 1 sekund og oppover jobber et annet system som er kognitivt kontrollert. Dette vil bruke hjerneområder som prefrontale cortex og parietal cortex. Penney og Vaitilingam undersøkte i en reviewartikkel i 2008 hvilke områder i hjernen som i tidligere studier har vist

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

seg å være aktive i tidsvurderingsoppgaver. Ved tidsintervaller under ett sekund var lillehjernen, dorsolaterale prefrontale cortex, inferiofrontal gyrus, superiofrontal gyrus, premotor cortex, insula, cingulate, presupplerende motorområder, supplerende motorområder, basal ganglia, og thalamus mest aktive. Ved intervaller over ett sekunder var inferiorfrontal gyrus, dorsolaterale prefrontale cortex, supramargianale gyrus, superiortemorale gyrus, premotor cortex, cingulate, presupplerende motorområder, mediotemporale gyrus, basal ganglia og thalamus mest aktive. Fordi forskjellige systemer i hjernen jobber med tidsintervall over og under ett sekund, vil man finne forskjeller i hvordan disse lar seg påvirke av stimuli. I denne artikkelen vil jeg heretter konsentrere meg om stimulusvarighet fra rundt ett sekund og over.

Oppgaven som utføres har betydning

En annen faktor som kan påvirke hvilke mekanismer som styrer tidsopplevelsen, er hvilke oppgaver som utføres (Wiener, Turkeltaub & Coslett, 2010). Disse kan deles i motorisk tidtaking og perseptuell tidtaking. En vanlig oppgave ved motorisk tidtaking kan være å kopiere en rytme med fingeren, for så å fortsette etter at stimuli som skulle kopieres har opphørt, eller intervallreproduksjon, der man skal indikere når intervallet starter og stopper som om man bruker en stoppeklokke. Ved perseptuelle oppgaver skal forsøkspersonene vurdere lengden av intervaller. En vanlig brukt oppgave består av temporal bedømming, der man får presentert to stimuli etter hverandre, og man skal oppgi hvilket av de to stimuli som varte lengst.

Teorier som forklarer tidsopplevelsen

Det har vært foreslått mange teorier for å forklare hvorfor tidsopplevelsen blir påvirket av stimulus sine egenskaper. Gibbon (1977) sitt SET beskriver et system der oppmerksomhet gjør at størrelse påvirker tidsopplevelsen. Walsh (2003) sitt ATOM beskriver et felles system for mengde som prosesserer blant annet størrelse og tid, og interferens mellom disse kvalitetene gjør at størrelse påvirker varighet. Nyere nevrosignaturteori vektlegger styrken på aktivering i hjernen for å forklare størrelses betydning for tid.

Scalar Expectancy Theory. En sentral teori for å forklare tidsopplevelsen er Scalar Expectancy Theory (SET) av Gibbon (1977). Den ble først utviklet i dyreforsøk, men har siden vært mye brukt på tidsoppfattelsen hos mennesker også. Modellen presenterer tre

mekanismer som samarbeider for å måle tidslengder, en klokkeprosess, en minneprosess, og en beslutningsprosess (Gibbon, Church, & Meck, 1984; Grondin, 2001). Klokkeprosessen består av tre underdeler, en generator som kontinuerlig produserer raske pulser, dette går gjennom en bryter, og samles så opp i en akkumulator. Når stimulus starter, vil bryteren åpne opp generatoren og akkumulatoren kan fylles opp. Dette vil pågå så lenge stimulus presenteres, og brytes når stimulus opphører. Etterpå kan minneprosessen og beslutningsprosessen vurdere hvor full akkumulatoren har blitt, og avgjøre tidsintervallet på bakgrunn av hvor full den er (Rakitin, 1998).

Oppmerksomhet er en viktig faktor som vil påvirke og styre disse prosessene. Ifølge Thomas og Weavers (1975) oppmerksomhetshypotese skjer dette ved at oppmerksomheten forandrer hvor mottagelig akkumulatoren er for pulsene fra generatoren. Hvis oppmerksomheten er rettet mot stimulus, vil flere av pulsene fra generatoren kunne samles opp, og akkumulatoren vil være mer full når beslutningsprosessen etterpå skal vurdere varigheten av stimulus. Er oppmerksomheten rettet mot noe annet, vil noen av generatorens pulser ikke bli fanget opp, og akkumulatoren vil være mindre full. Dette gjør at stimulus som fanger oppmerksomheten oppfattes som om det varer lengre.

En slik effekt av oppmerksomhet kan vi se i blant annet en studie av Mattes og Ulrich (1998). De brukte cuing til å lede oppmerksomhet mot enkelte stimuli og bort fra andre, og fant at dette gjorde at stimulus ble oppfattet som lengre. De fant at denne effekten var uavhengig av om cuingen og stimulus var i samme sansemodalitet, man kan for eksempel bruke lyd til å lede oppmerksomheten mot en visuell stimulus. Den motsatte effekten, at stimulus oppfattes kortere når man er distraheret av andre oppgaver er blitt studert med studier der deltagerne skulle utføre flere oppgaver samtidig (Brown, 1995; Brown, 1997). Brown ga deltagerne i oppgave å reprodusere forskjellige intervall mens de gjorde andre oppgaver av forskjellig vanskelighet. Ved å sammenligne med situasjoner der deltagerne gjorde temporaloppgaven alene fant han at stimuli ble oppfattet som om de varte lengst når oppgaven ble utført alene, kortere når den ble presentert sammen med andre oppgaver, og jo vanskeligere den konkurrerende oppgaven var, jo kortere ble tidsrommet oppfattet. Intense og store stimuli vil automatisk fange oppmerksom (for eksempel Berlyne, 1950). Dette kan forklare hvorfor store rundinger og sterke lys ble oppfattet som om de varte lengre (Thomas & Cantor 1975; Goldstone, Lhamon & Sechzer, 1978). Disse stimuliene tiltrakk seg oppmerksomhet, akkumulatoren ble fylt opp mer effektivt, og vurderingsprosessen bedømte stimuliene som langvarige. En annen faktor som har tiltrukket seg oppmerksomhet, er om

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

stimulus skiller seg ut (Garcia-Larrea, Lukaszewicz, & Mauguiere, 1992). Tse et al. (2004) hevdet at dette kan brukes til å forstå hvordan tidsopplevelsen kan bli påvirket. De nevner ran og bilulykker som ekstremsituasjoner der stimuli er uvanlige, og dette gjør at oppmerksomheten er fokusert og skrudd opp på full styrke, og stimuli derfor virker som om de varer lengre. Denne samme effekten kan man finne i mer hverdagslige situasjoner også, der uventede og usannsynlige stimuli subjektivt vil vare lengre enn forutsigbare og sannsynlige stimuli. Dette ble demonstrert av Ulrich, Nitschke og Rammsayer (2006), der de undersøkte hvor lenge deltagere oppfattet at forskjellige stimuli varte. Noen av stimuliene ble presentert mange ganger etter hverandre, andre ble presentert få ganger. Deltagerne observerte først en bakgrunnstimulus, så et sekunds pause, så enten en vanlig stimulus eller en uvanlig stimulus. Tiden den siste stimulusen varte på skjermen varierte, og deltagerens oppgave var å avgjøre om denne stimulusen varte lenger eller kortere enn bakgrunnsstimulusen presentert rett før. Resultatet var at de uvanlige stimuliene ble oppfattet som om de varte lengre enn de stimuliene som ble presentert oftere, dog bare i runder der tidsintervaller de to stimuliene varte over 800 ms.

Denne tendensen til å vurdere stimuli som skiller seg ut som om de varer lengre kan også brukes til å forklare hvorfor intense og store stimuli oppleves som om de varer lengre enn svake og små. I eksperimentene til Thomas og Cantor (75) og Goldstone, Lhamon og Sechzer (78) skilte de store og de intense stimuliene seg mer ut fra bakgrunnen enn stimuli som var mindre i størrelse og mindre intense. Mellom hver runde i eksperimentene så deltagere ingen stimuli ved at lysene ikke lyste eller at de ikke så noen sirkler. Forskjellen fra ingen stimuli til intenst lys eller store sirkler var større enn forskjellen fra ingen stimuli til svakt lys eller små sirkler. Fordi forandringen med store og sterke stimuli var større, og dette vil føre til at deltagere ble mer oppmerksomme på disse stimuliene, vil flere av pulsene fra generatoren fanges opp, og det virker som om disse stimuli varer lenge. I disse eksperimentene er det derfor to effekter som begge kan bidra til at oppmerksomheten er sterkere for de store eller intense stimuliene, og de to effektene vil være komplementære. SET kan derfor brukes til å forklare hvorfor store og intense stimuli oppfattes som om de varer lengre enn små og svake.

Et stort problem med SET er dens heterogenitet. SET består av mange forskjellige mekanismer, og det er ikke enighet om hvilken av disse oppmerksomhet påvirker. For eksempel mente Casini og Macar (1997) at oppmerksomhet påvirker generatoren, Zackay og Block (1995) mente bryteren mellom generator og akkumulator, Burle og Casini (2000)

mente akkumulatoren, Tracy, Farob, Mohamedb, Pinski og Pinu (2001) mente vurderingsprosessen. Dette gjør det vanskelig a priori å vite hvilken effekt oppmerksomhet vil ha på tidsopplevelsen med denne teorien, og SET blir vanskelig falsifiserbar.

Felles system for tid, rom og kvantitet. Walsh (2003) har foreslått et felles system mengde som kan brukes til å forklare tidsopplevelse som kalles A theory of magnitude (ATOM). Han har vist til det tidligere nevnte eksperimentet av Brown (1997), der deltagerne responderte som om stimuli varte kortere når de ble presentert samtidig med at andre oppgaver ble utført, og som om stimuli varte lenger når det ble presentert alene. Brown forklarte denne effekten med at oppmerksomhet påvirket tidsopplevelsen. Walsh var uenig, og mente at oppmerksomhet var unødvendig for å forklare denne effekten. En enklere modell uten oppmerksomhet kan forklare hvorfor tidsopplevelsen blir forandret når deltagerne konsentrerer seg om andre oppgaver. Walsh hevder at et felles mengdesystem brukes i prosessering av forskjellige mengder som størrelse, rom, kvantitet og tid. I oppgaver der deltagerne gjør andre oppgaver samtidig som de vurderer tid, kan dette felles systemet bli påvirket av mengden i den andre oppgaven. Fordi systemet er felles, vil denne mengden interferere med mengden i tidsopplevelsen. Ved prosessering av store mengder i en av kvalitetene til systemet, vil de andre kvalitetene også oppleves store. Piaget og Binet (ref. i Fraisse, 1964) har hevdet at barn opptrer som om stimuli som er langt borte varer lenger enn nærmere stimuli, og som om lange stimuli er lengre unna enn korte stimuli. Walsh mener dette tyder på at fellessystemet finnes helt fra spedbarnsalder av. Vi deler dette systemet med andre arter, slik at eksperimenter med dyr kan brukes til å belyse dette systemet.

Lokaliseringen av et felles system bekreftes til en viss grad av studier med bruk av transkraniell magnetstimulering (TMS). Ved stimulering av Gyrus angularis (i isselappen) med TMS påvirkes vurderinger av tid, størrelse og kvantitet, noe som indikerer at samme område er aktiv i prosessering av alle tre (Göbel, Walsh & Rushworth, 2001; Hodinott-Hill, Thilo, Cowey & Walsh, 2002). TMS er imidlertid en anatomisk upresis metode, der det er vanskelig å påvirke avgrensede områder uten å påvirke tilstøtende områder. Det kan derfor være vanskelig å vite om undersøkelsene peker ut et område eller flere områder i nærheten av hverandre som er kritiske i dette systemet. Angular gyrus er en del av inferoposteriore isselapp. Dette området er med PET hos Rhesusaper vist seg å være aktivt i oppgaver som hvor tidsdiskriminering har vært involvert (Onoe et al., 2001), og det har i flere studier vist seg aktivt i kvantitative og spatielle vurderinger (for review se Hubbard, Piazza, Pinel &

Dehaene, 2009). En kasusstudie av Cappelletti, Freeman og Cipolotti (2009) undersøkte en 62 år gammel mann med lesjon i blant annet inferiore isselapp. Forfatterne fant at han hadde problemer med å gjenskape og diskriminere mellom forskjellige tidsintervall, men fant ikke forstyrrelser i prosessering av de andre kvalitetene i ATOM.

Hvis systemet er integrert for de forskjellige størrelsene, burde skadene som viste seg i tidsopplevelsen også vise seg i de andre kvalitetene. Denne lesjonsstudien setter derfor spørsmålstegn ved Walsh sin teori. Systemet beskrevet av ATOM prosesserer størrelse, rom, kvantitet og tid, og forandring i en av de egenskapene påvirker prosessering av de andre egenskapene. Dette kan brukes til å forklare tidligere nevnte studier av Thomas og Cantor (1975) og Goldstone, Lhamon og Sechzer (1978). Når store sirkler blir presentert, vil det felles størrelsessystemet oppfatte dette som en stor stimulus, og når dette samme systemet samtidig prosesserer varighet, vil sirkelen oppfattes som om den har lang varighet. Intense stimuli vil prosesseres i samme system, og også påvirke systemet til at dette oppfattes som langvarig. ATOM kan derfor også forklare hvorfor store og intense stimuli oppfattes som lengre enn små og svake.

Nevrosignaturteori. Det siste tiåret har teknologi som MEG, PET og fMRI i økende grad tatt i bruk for å forstå tidsopplevelsen. Noguchi og Kakigi (2003) brukte MEG for å undersøke hvordan aktivitet i hjernen korrelerte med opplevd varighet av stimuli. De konsentrerte seg om å måle aktivitet i høyere visuelle regioner, da prosessering i disse områdene påvirkes mer av oppmerksomhet enn prosessering i lavere og primære visuelle områder (Cook & Maunsell, 2002; Saenz Buracas & Boynton, 2002). Som beskrevet ovenfor virker det som om oppmerksomhet påvirker tidsoppfatningen i intervallet over 1 sekund. Noguchi og Kakigi hevder at aktivitet i disse områdene bedre kan forutsi subjektiv tid enn aktivitet i primære områder. Deltagerne fikk perseptuelle oppgaver der stimuli varierte mellom to like eller to ulike figurer. De fant at styrken på aktiveringen i områdene de undersøkte korrelerte sterkt med hvilken stimulus som ble oppfattet lengst, mens varigheten av denne aktiveringen ikke korrelerte med subjektiv opplevelse av varighet.

Nevrosignaturteori hevder at tidsopplevelsen i det minste er delvis avhengig av styrken på aktiveringen som stimulus skaper. Dersom stimulus skaper sterk aktivering, vil den oppleves som om den varer lenge, dersom styrken på aktiveringen er svak, vil stimulus oppleves som om den varer kort.

Eagleman og Pariyadath (2009) argumenterte for betydningen av repetisjonsundertrykkelse. Dette er et fenomen der nevronal aktivitet i kortikale områder raskt minker ved repetisjon av samme stimulus etter hverandre (Fahy et al., 1993; Li et al., 1993; Rainer & Miller, 2000). Dette er et utslag i mer effektiv koding av hjernen, en nevronal adaptasjon (Desimone & Duncan, 1995; Wiggs & Martin, 1998; Grill-Spector et al., 2006). Dette gjør at vi kan forstå fenomenene beskrevet av Thomas og Cantor (1975) og Goldstone, Lhamon og Sechzer (1978) på en annen måte. Mellom rundene i eksperimentene så deltagerne ingen stimuli, og fordi de var i denne ikke-stimuli tilstanden over tid, vil nevronal adaptasjon gjøre at høyere synsområder har liten aktivitet. Når de så ble presentert for stimuli av forskjellig størrelse og intensitet, vil de store og intense stimuliene være mer forskjellig fra situasjonen uten stimuli, effekten av nevronal adaptasjon vil være mindre, og aktiviteten i de høyere synsområdene vil derfor være sterkere. Dette vil gjøre at disse stimuli ble oppfattet som lengre enn de som var mindre i størrelse og intensitet. Nevronal aktivitet kan derfor forklare hvorfor de store og sterke stimuliene ble oppfattet som lengre enn de små og lite intense stimuliene.

Hvordan kan teoriene forklare effekten av størrelse?

Vi har sett at SET, ATOM og nevrosignaturteori kan brukes til å forstå forholdet mellom størrelse og tidsopplevelse. I følge Walsh (2003) prosesserer ATOM mer enn bare størrelse og tid. Kvantitet er en annen egenskap hvor man kan se påvirkning på opplevd varighet. Dette kan vi se i et eksperiment av Hurewitz, Gelman og Schnitzer (2006), der de undersøkte hvordan vurderinger av størrelse, arabiske tall og antall prikker påvirket tidsopplevelsen. De fant at deltagerne opplevde at store stimuli varte lenge og små stimuli kort. En lignende effekt så de med tall og prikker, stimuli med høye tall eller mange prikker varte lengre enn stimuli med lave tall eller få prikker. Dette kan forklares med ATOM ved at den felles størrelsesprosesseringen jobber med alle disse egenskapene, og tiden derfor oppleves lengre. Vi har sett at ATOM kan brukes til å forklare dette, da kvantitet er en av mengdene det felles systemet behandler. SET kan også brukes til å forklare at kvantitet har samme effekt som størrelse. På samme måte som oppmerksomheten fanges av stimuli som er store fysisk, vil oppmerksomheten fokusere på størrelser som er kvantitativt store (Galfano, Rusconi & Umiltà, 2006), flere pulser vil fanges opp, og de vil derfor oppleves lengre. Nyere teori om størrelse på nevronale signaturer kan også brukes, da store tall og mange prikker vil

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

skille seg mer ut fra situasjonen uten stimuli, og ha større aktivering på grunn av nevronal adaptasjon enn små tall og få prikker.

Hurewitz, Gelman og Schnitzer (2006) fant imidlertid i tidligere nevnte eksperiment at variasjon i størrelse på stimuli påvirket tidsopplevelsen mer enn variasjon i arabiske tall og antall prikker. Andre studier har vist større aktivering i hjernen når deltagere vurderte mengde med tall og antall objekter enn når deltagere vurderte størrelse og luminans (Castelli, Glaser, & Butterworth, 2006; Fias, Fize, Georgieva, & Lammertyn, 2003; Pinel, Piazza, Le Bihan, & Dehaene, 2004). Zorzi og Butterworth (1999) argumenter for at dette antyder at det kreves mindre kognitivt arbeid for å prosessere størrelse og luminans fremfor kvantitet. Hurewitz, Gelman og Schnitzer fant også at variasjon i størrelse av stimuli forstyrret mindre vurdering av kvantitet enn omvendt. Av de tidligere nevnte teorier er det bare nevrosignaturteori som kan forklare dette. Hvis kvantitet påvirker nevronale signaturer mer enn størrelse, vil størrelse gjøre et lite utslag på total aktivering der størrelse og antall varierer, da signaturen av antall vil være stor, og total aktivering kan lettere brukes som et mål for antallet. Motsatt kan total aktivering vanskeligere brukes som indikator på størrelse der størrelse og antall varierer, da størrelse bare står for en liten del av aktivering. Nevronal aktivering kan også forklare hvorfor tidsopplevelsen blir mer påvirket av variasjon i størrelse enn av variasjon i tall og prikker. Fordi hastigheten på repetisjonsundertrykkelsen er forskjellig avhengig av størrelsen på aktiveringen (Verhoef, Kayaert, Franko, Vangeneugden, Vogels, 2008), vil variasjonen i aktiveringen være større i runder der størrelse varierte enn i runder der tall eller antall prikker varierte. Denne større forskjellen i aktivering vil gjøre at effekten av tall og antall prikker har mindre betydning for tidsopplevelsen enn størrelse.

Størrelse eller forandring?

Det er godt etablert at store stimuli varer lengre enn små stimuli, for eksempel ser vi dette i tidligere nevnte eksperiment av Thomas og Cantor (1975). At størrelse påvirker tidsopplevelsen kan forklares med SET og oppmerksomhet, ATOM, og med nyere nevrosignaturteori. Forhold ved persepsjonssystemet gjør imidlertid at testsituasjonen kan bedre konseptualiseres på en annen måte, ved at man istedenfor størrelse på stimuli vektlegger avstand mellom stimuli og bakgrunn. Persepsjonssystemet er dårlig til å bedømme absolutte størrelser, men god til å vurdere hvordan en stimulus er i forhold til en annen stimulus (Wagenaar, Nolen-Hoeksema, Fredrickson, Loftus, 2009). Store stimuli er store i forhold til noe, ikke store i seg selv. Det kan derfor tenkes at det ikke er størrelsen i seg selv som gjør at

store stimuli varer lengre, men hvordan størrelsen er i forhold til noe annet det blir sammenlignet med. Persepsjonssystemet påvirkes i stor grad av bakgrunn for stimulus og i hvilken kontekst den opptrer (Laming, 1997). Sirklene i Thomas og Cantors eksperiment ble vist med et tachistoskop, et apparat som i funksjon kan sammenlignes med en dataskjerm. Mellom hver stimuluspresentasjon var skjermen blank, så fikk deltagerne se enten store eller små sirkler. Disse sirklene ble presentert i konteksten med blank skjerm, slik at de store sirklene skilte seg mer ut fra bakgrunnen enn de små sirklene. Resultatet kan derfor beskrives på to måter, enten at det var de største stimuliene som varte lengst, eller at det var de stimuli som skilte seg mest ut som varte lengst. Vi har allerede sett at SET kan brukes til å argumentere for at både store stimuli og stimuli som skiller seg ut vare lenge. Den samme effekten vil vi se med nevrosignaturteori, der begge typer stimuli vil ha liten nevronal adaptasjon. Vi kan derfor ikke vite om den forlengelsen av tidsoppfattelsen kommer av størrelsen eller det at stimuli skiller seg ut med disse teoriene. Ved å følge ATOM vil bare store stimuli vare lenge, da størrelsesmekanismen til Walsh (2003) måler størrelse, ikke forandring, og stimuli som skiller seg ut vil vare like lenge som stimuli som ikke skiller seg ut. Både SET og nevrosignaturteori kan derfor brukes til å argumentere for at forandring, og ikke størrelse, er den ingrediensen som i nevnte studier gjorde at store stimuli opplevdes lengst.

Eksperimenter for å se på forandring

For å undersøke hvilken betydning forandring i forhold til bakgrunnen har for tidsopplevelsen testet Matthews, Steward og Wearden (in press) deltagere med lyse og mørke stimuli på enten lys eller mørk bakgrunn. De fant at stimuli der kontrasten til bakgrunnen var stor ble opplevd lenger enn der kontrasten mellom bakgrunn og stimuli var liten, uavhengig av stimulus absolutte intensitet. Stimuli med høy intensitet ble oppfattet som lengre enn stimuli med lav intensitet bare når bakgrunnen hadde lav intensitet. Når bakgrunnen hadde høy intensitet, ble stimuli med lav intensitet oppfattet som lengst. Dette avkrefter tidligere konklusjoner om at sterke stimuli oppfattes som lengre enn svake. Dette er vanskelig å forklare ved å bruke ATOM, da kun størrelsen skal ha betydning for tidsoppfattelsen. SET og nevrosignaturteori er som tidligere nevnt mer fleksibel i hvilke av stimulus kvaliteter som fører til forskjeller i tidsopplevelse.

En annen indikasjon på at forskjellen mellom stimuli og bakgrunn har betydning for hvor lenge stimuli oppfattes å vare, ser vi i et av eksperimentene i tidligere nevnte studie av

Xuan et al. (2007). De målte tidsopplevelsen i perioder uten stimuli, men med varierende tall på hver side av tomrommet. Runder hvor differansen mellom tallene var stor ble vurdert som lengre enn runder der differansen mellom tallene før og etter tomrommet var liten. Oppholdet hadde samme intensitet, slik at forandringen i tidsopplevelse sannsynligvis kom fra forandring i bakgrunnen. Riktignok var det ikke her slik at forskjellen mellom stimuli og bakgrunn påvirket tidsopplevelsen. Differansen var den kritiske faktoren, selv om denne differansen ikke fantes i selve stimuli som skulle vurderes, men i bakgrunnen. Igjen er det vanskelig å bruke ATOM da størrelsen på stimuli ikke påvirket lengden. SET fremhever betydningen av oppmerksomhet. Hvis det er slik at differanse i bakgrunnen gjør at oppmerksomhet fokuseres på stimuli, kan dette forklare effekten. Uten å undersøke dette empirisk er det imidlertid ikke lett å vite om differansen i bakgrunnen fører til mer oppmerksomhet til stimuli, eller om den tar oppmerksomhet vekk fra stimuli. Resultatet kan imidlertid forklares med en nevrosignaturmodell. Hvis man tenker seg at i oppholdet mellom rundene i eksperimentet, når ingen stimuli vises, er differansen mellom ikke-stimuli null. Nevronal adaptasjon vil gjøre at denne null-differansen knapt registreres. Når så tall med stor differanse vises, vil effekten av disse skille seg mer ut og derfor gi større aktivering før nevronal adaptasjon får aktiviteten ned. I runder med lav differanse vil den nevronale aktiveringen være mindre, da dette ligner mer på situasjoner adaptasjonen allerede har gjort arbeidet med å få aktiviteten ned i. Uavhengig av lengden av stimuli, vil da aktiveringen være større på grunn av bakgrunnen i runder der differansen er stor, noe som fører til at disse oppleves som om de varer lengre.

Hvis man klarer å manipulere forandring fra bakgrunn og størrelse uavhengig av hverandre, kan man evaluere hvilken av de to effektene som påvirker tidsopplevelsen. Jeg ønsker derfor å undersøke om jeg kan få små stimuli til å vare like lenge som store stimuli. Dette kan bidra til å bekrefte eller falsifisere SET, ATOM og nevrosignaturteori.

Eksperiment 1

Tidligere studier av blant annet Thomas og Cantor (1975) har vist at store stimuli oppfattes som om de varer lengre enn små. Jeg ønsker å replikere denne fremgangsmåten, men å kunne variere avstand til bakgrunn og størrelse uavhengig av hverandre. For å teste dette, designer jeg et eksperiment der deltagerne skal vurdere varigheten til firkanter av forskjellig størrelse, som jeg kaller testfirkanter. Disse testes mot en kontekst av en bakgrunnsfirkant, ved at bakgrunnsfirkanten vises til enhver tid deltagerne ikke testet med testfirkantene. Eksperimentet viser testfirkanter av fire forskjellig størrelser, to mindre enn

bakgrunnsfirkanten som jeg kaller liten og minst, og to større enn bakgrunnsfirkanten som jeg kaller stor og størst.

For å være sikre at deltagerne ser bakgrunnsfirkanten som bakgrunn for testfirkantene, viser jeg bakgrunnsfirkanten både før og etter testfirkantene, uten blank skjerm i mellom. Deltagerne skal så reprodusere intervallet til testfirkantene ved å trykke på en knapp når det har gått like lang tid som de opplevde testfirkanten var på skjermen, omtrent som en stoppeklokke. For å ha et startpunkt for når stoppeklokken startet lar jeg deltagerne høre en lyd kort tid etter at testfirkantene har blitt vist. Dette er et eksempel på motortidtaking, nærmere bestemt intervallreproduksjon (Wiener, Turkeltaub & Coslett, 2010).

En mulig feilkilde er at deltagerne ikke gjenskaper det tidsintervallet de opplevde på nytt for hver runde, men lærer seg intervallet og bruker dette samme intervallet hver gang. I eksperimentet vil jeg derfor variere lengden testfirkantene er på skjermen i hver runde, slik at deltagerne må følge med på testfirkantene hver gang, og slik at vi i ettertid kan sjekke at deltagerne responderte forskjellig for hvert av de forskjellige intervallene. Dette eksperimentet tester det Lewis og Miall (2003) kaller en kognitiv tidstakingsprosess, da tidsintervallene er over 1 sekund.

Metode

Deltagere. 16 deltagere i eksperimentet ble rekruttert fra omgangskretsen til forfatteren, 4 kvinner og 12 menn. De var i alderen 21 til 62 år, gjennomsnittsalderen var 30 år. Ingen trakk seg underveis. Alle ble gitt et Flaxlodd etter fullførelse.

Stimuli. Stimuli besto av svarte firkanter på en blank bakgrunn, presentert midt på skjermen. Firkantene var i fem forskjellige størrelser, og de fylte opp henholdsvis 28.125%, 37.5%, 50%, 62.5% og 78.125% av skjermen i hver retning. Disse vil videre kalles for minst, liten, bakgrunnsfirkant, stor og størst. En testfirkant er enten minst, liten, større eller størst. Med en distanse på 50 cm fra skjerm tok firkantene opp mellom $5,7^\circ$ til 16° i vinkeldiameter.

Apparat. Alle stimuli ble presenter på en bærbar PC med 10,1" skjerm. Deltagerne hadde på seg hodetelefoner under testen for å høre et klikk som signaliserte når de skulle reprodusere intervallet. Registreringen ble gjort ved at deltagerne trykket på mellomromstasten når intervallet var ferdig, og tiden mellom klikket og deltagerne trykket ble registrert. Testen ble utført med programmet Inquisit 3.0.4.0 av Millisecond Software.

Design og prosedyre. Deltagerne ble først presentert for bakgrunnsfirkanten, så en av testfirkantene i en variabel tidslengde, så bakgrunnsfirkanten igjen. Deltagerne skulle reprodusere intervallet testfirkantene var på skjermen. Bakgrunnsfirkanten i starten var på skjermen i 2 sekunder. Etter den varierende stimulusen ble bakgrunnsfirkanten presentert igjen, 1.5 sekunder senere hørtes et klikk i hodetelefonene. Dette var et signal til deltagerne til å se for seg testfirkanten, og trykke på mellomromstasten like lenge som testfirkanten hadde vært på skjermen. Dette reproduserte intervallet ble registrert av maskinen og er utgangspunktet for statistikken. Med en gang deltagerne hadde trykket på mellomromstasten begynte neste runde med samme oppsett. Bakgrunnsfirkanten var således synlig på skjermen til enhver tid bortsett fra når en av testfirkantene tok dens plass. Det ble kjørt til sammen 96 slike runder, fordelt på to blokker. I den første blokken varte testfirkantene i henholdsvis 1.2 sekunder, 1.5 sekunder eller 1.8 sekunder, dvs $1.5 \pm 20\%$ sekunder. I den andre blokken varte de i 2.4 sekunder, 3 sekunder eller 3.6 sekunder, dvs $3 \pm 20\%$ sekunder. Hver av de tre forskjellige tidslengdene i hver blokk ble presentert med hver av de fire forskjellige firkantene, dvs. 12 forskjellige kombinasjoner. Disse ble gjentatt 4 ganger, der rekkefølgen ble randomisert for hver gang. Før hver blokk var det 5 øvingsrunder. De 2 første deltagerne gikk gjennom disse øvingsrundene før testen begynte, men etter tilbakemelding fra disse ble prosedyren forandret. De 14 neste fikk ubegrenset antall øvingsrunder, og startet testen når de selv mente de var klare. Før hver øvingsblokk og testblokk ble det presentert instruksjoner på skjermen, med bakgrunnsfirkanten synlig hele tiden.

Resultat

Det ble gjennomført tester i to forskjellige tidsblokker, en rundt 1.5 sekunder og en rundt 3 sekunder. Da disse ikke ble motbalansert, er det derfor vanskelig å si noe om forholdet mellom dem. Vil derfor fokusere på intervallet i hver av dem og kjøre separate analyser. For å oppnå en balanse mellom fare for Type I og Type II-feil bruker jeg $\alpha = 0,05$.

1.5 sekunder. Fire outliers som var mer enn to standardavvik unna gjennomsnittet ble forkastet, 2 kortere enn gjennomsnittet og 2 lengre enn snittet, da deltagerne av og til glemte at de skulle vente til klikket med å starte reproduksjonen av intervallet, og fordi maskinen av og til ikke registrerte når deltagerne trykket på mellomromstasten, og de kunne bli sittende ganske lenge før de skjønnte at de måtte trykke på nytt. Runder ble gruppert etter avstand til

bakgrunnsfirkant (2 nivå), mindre eller større enn bakgrunnsfirkant (2 nivå) og tidsintervall (3 nivå). For å finne ut hva som påvirker tidsopplevelsen, ble General Linear Model repeterte målinger brukt med reprodusert tidsintervall som avhengig variabel, og avstand til bakgrunnsfirkant, størrelse og intervallengde som uavhengige variabler. Siden forutsetningen om sfærisitet var brutt ble Huynd-Felt-korreksjoner benyttet.

Først undersøker jeg om firkantenes avstand fra bakgrunnsfirkanten påvirket tidsopplevelsen ved å se på hovedeffekten av avstand til bakgrunnsfirkanten. Ser på analysen der de to nivåene med avstand til bakgrunnsfirkant var uavhengig variabel, og finner $F(1, 1) = 17.788$, $p = 0.01$, $\eta^2_p = 0.543$. Effekten av avstand er stor og statistisk signifikant. Dette tyder på at avstand til bakgrunnsfirkanten sannsynligvis er viktig for å bestemme lengden av tidsopplevelsen. For å finne retningen på denne effekten undersøker jeg estimert gjennomsnittstid, 3311.88 ms, og standardfeil, 99.70, for reproduskjon av firkantene som var nærme bakgrunnsfirkanten, samt estimert gjennomsnitt, 3583.87 ms, og standardfeil, 98.53, for intervallet til de firkantene som var langt fra bakgrunnsfirkanten. Deltagerne brukte med andre ord lengre tid når de reproduserte firkantene som var mye forskjellig fra bakgrunnsfirkanten sammenlignet med firkanter som var likere bakgrunnsfirkanten.

Så undersøker jeg om firkantenes størrelse har betydning for tidsopplevelsen ved å se på hovedeffekten av størrelse. Ser på analysen der de to nivåene med større eller mindre enn bakgrunnsfirkanten var uavhengig variabel. Jeg finner nå en mye mindre effekt som ikke er statistisk signifikant $F(1, 1) = 1.863$, $p = 0.192$, $\eta^2_p = 0.110$. Deltagerne reproduserte ikke intervallet forskjellig avhengig av om firkanten var større eller mindre enn bakgrunnen. Estimert gjennomsnitt er 3389.43 ms og standardfeil er 81.73 for de små firkantene, estimert gjennomsnitt er 3506.31 ms og standardfeil er 120.64 for de store. Selv om vi her ser at størrelse har hatt en effekt på gjennomsnittet, så er den ikke statistisk signifikant. Denne forskjellen vises i figur 1 ved gjennomsnittstiden for når deltagerne trykket. Den viser stor forskjell for om stimuli var nært eller fjernt fra bakgrunnsfirkanten, men mindre forskjell i om den var større eller mindre enn gjennomsnittsfirkanten. Gjennomsnittet av alle intervaller var 3448.88 ms, det vil si kraftig overestimert. Det var ingen signifikante interaksjonseffekter.

3 sekunder. Nitten outliers som var mer enn to standardavvik unna gjennomsnittet ble forkastet, 7 kortere enn gjennomsnittet og 12 lengre enn snittet. For å undersøke hva som påvirker tidsintervallet til deltagerne bruker jeg igjen GLM repeterte målinger og Huynd-Felt-korreksjoner med tid som uavhengig variabel. Jeg undersøker betydningen av testfirkantens

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

avstand til bakgrunnsfirkanten der de to nivåene av avstand er uavhengig variabel. Finner at denne ikke er statistisk signifikant $F(1, 1) = 2.889$, $p = 0.111$, $\eta^2_p = 0.171$. Det betyr at den avstanden fra bakgrunnen ikke har gjort at deltagerne reproduserer intervallet forskjellig. Deretter undersøker jeg betydning av størrelse der de to nivåene for mindre eller større en bakgrunnsfirkanten er uavhengig variabel og finner at den ikke er statistisk signifikant ved $F(1, 1) = 0.821$, $p = 0.380$, $\eta^2_p = 0.055$. Verken effekten av avstand eller størrelse gir statistiske signifikante utslag ved 3 sekunder. Det er mulig at deltagerne ikke fulgte med på stimuli, eller at 3 sekunder er for langt stimuli til at de reliabelt klarer å gjenskape det. Jeg tester derfor om de reproduserer 2.6 sekunder, 3 sekunder og 3.6 sekunder forskjellig ved å sette de tre tidsintervallnivåene som uavhengig variabel. Responstiden for 2.6 sekunder var gjennomsnittlig 4.526 sekunder, 3 sekunder var 4.699 sekunder og 3.6 sek gjennomsnittlig 4.812 sekunder, $F(1.965, 2) = 7.240$, $p = 0.003$, $\eta^2_p = 0.341$. Det ser altså ikke ut som om deltakerne hadde problemer med å reprodusere intervallet, men gjennomsnittlig ble alle kraftig overestimert.

Diskusjon

Den første testblokken rundt 1.5 sekunder indikerer at størrelsen til firkantene ikke hadde avgjørende betydning, deltagerne gjenskapte intervallet tilnærmet likt enten testfirkantene var store eller små. Det som derimot hadde betydning var hvor forskjellig testfirkantene var fra bakgrunnsfirkanten, større forskjell resulterte i at intervallet ble reprodusert lengre. Hypotesen er derfor bekreftet, små stimuli kan vare like lenge som store. Avstanden mellom bakgrunn og stimulus gjør i noen sammenhenger at stimulus oppleves lengre, ikke størrelsen. Blokken rundt 3 sekunder er imidlertid annerledes. Deltagerne responderte på forskjellige tidsintervall, men gjorde ikke forskjell om firkantene var store eller små, langt unna eller nærme bakgrunnsfirkanten. Det er vanskelig å vite hvorfor 3 sekundersblokken var annerledes enn 1.5 sekundsblokken, da blokkene ikke var motbalanserte.

Intervallene ble i begge blokker overestimert. En mulig forklaring er at deltagerne har misforstått oppgaven og reprodusert intervallet med testfirkant og den delen av bakgrunnsfirkanten som ble vist før klikket.

Eksperiment 2

Eksperiment 1 bestod av intervallreproduksjon, en motorisk tidtakingsoppgave. Dette gjør at motoriske responser kan påvirke resultatene. For å se om avstandseffekten som jeg har funnet ikke bare er en motorisk effekt, designer jeg eksperiment 2 med en perseptuell oppgave, der deltagerne skal avgjøre hvilket av to stimuli som varer lengst. Denne oppgaven er et eksempel på det Wiener, Turkeltaub og Coslett (2010) kaller temporal bedømming.

Walsh (2003) sitt ATOM-system knytter sammen forskjellige mengder i et felles system. I eksperiment 1 så jeg på størrelse, i eksperiment 2 vil jeg se om jeg kan finne samme effekt av avstand i kvantitet. Bruker to forskjellige typer stimuli, prikker og arabiske tall. Prikker burde være et direkte mål på kvantitet, og dersom den samme avstandseffekten finnes for kvantitet, bør deltagerne vise dette med prikker som stimuli. En innvending mot å bruke prikker for å teste kvantitet er at når antall prikker øker, øker også størrelsen på mørkelagt området som deltagerne ser. Prikkene kan derfor muligens oppføre seg som en mellomting mellom størrelse og kvantitet. For å kunne utelukke at resultatene kommer fra størrelse og ikke kvantitet, tester jeg også med arabiske tall. Tall er en symbolsk representasjon av kvantitet, der deltagerne må "oversette" tallene for å få kvantitet. Spørsmålet er om dette vil få betydning for resultatet. I tidligere nevnte eksperiment av Xuan et al. (2007) fant de en størrelseeffekt både med prikker og tall, og derfor håper jeg at en eventuell avstandseffekt som finnes med prikker også finnes med tall.

Metode

Deltagere. 16 deltagere i eksperimentet ble rekruttert fra omgangskretsen til forfatteren, 3 kvinner og 13 menn. De var i alderen 25 til 45 år, gjennomsnittsalderen var 29 år. Ingen trakk seg underveis. Alle ble gitt et Flaxlodd etter fullføring.

Stimuli. Eksperimentet var delt opp i to blokker. Første blokk besto av arabiske svarte tall på blank bakgrunn, presentert midt på skjermen. Stimuli bestod av tallene 1, 3, 5, 7 og 9. Jeg vil videre kalle disse stimuliene for minst, liten, bakgrunnstall, stor og størst. Med en distanse på 50 cm fra skjerm tok tallene opp ca. 2° i vinkeldiameter i høyderetning. I andre blokk var tallene byttet ut med 1, 2, 3, 4 og 5 svarte prikker vist i terningmønster, som jeg videre også vil kalle minst, liten, bakgrunnsprikker, stor og størst. Størrelsen var dobbelt så stor som tallene, ca 4° i vinkeldiameter.

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

Apparat. Alle stimuli ble presenter på en bærbar PC med 10,1” skjerm. Respons ble registrert ved at deltagerne trykket på k-tasten hvis den siste teststimulusen var kortest eller l-tasten hvis den siste teststimulusen var lengst. Testen ble utført med programmet Inquisit 3.0.4.0 av Millisecond Software.

Design og prosedyre. Deltagerne ble presentert for bakgrunnstallet, så et testtall i en variabel tidslengde, bakgrunnstallet igjen, et annet testtall i variabel tidslengde, så bakgrunnstallet til slutt. Deltagerne skulle så angi om det siste testtallet varte lengre eller kortere enn det første testtallet. Bakgrunnstallet ble først vist i 2 sekunder. Etter det første testtallet ble bakgrunnstallet presentert i 0.5 sekunder, så et nytt testtall i varierende lengde. Til slutt ble bakgrunnstallet vist igjen. Deltagerne skulle så trykke på k-tasten dersom det siste testtallet var kortest, l-tasten dersom det var lengst. Responsen ble registrert av maskinen, og er utgangspunktet for statistikken. Med en gang deltagerne hadde trykket på k eller l begynte neste runde med samme oppsett. Bakgrunnstallet var således synlig på skjermen til enhver tid bortsett fra de to gangene i hver runde når de andre tallene tok dens plass. Det ble kjørt 96 slike runder. I halvparten av rundene varte testtallene mellom 800 ms/1000 ms og 1000 ms/800 ms, i den andre halvparten av rundene 1200 ms/1500 ms og 1500 ms/1200 ms, dvs. en intervallvariasjon i 20% i hver av de to betingelsene. Med 4 forskjellige tall som kunne kombineres med de tre andre, fikk jeg 12 forskjellige kombinasjoner, og med 4 forskjellige intervallkombinasjoner, gir dette til sammen 48 unike kombinasjoner. Disse ble randomisert og gjentatt to ganger, det vil si i 96 runder.

Den andre blokken var helt lik den første, men stimuli var nå byttet ut med 1-5 svarte prikker fordelt i terningmønster, ellers var prosedyren lik. Totalt i de to eksperimentene var det derfor 192 runder. Før hver blokk var det 5 øvingsrunder. De 2 første deltagerne gikk gjennom disse øvingsrundene før testen begynte, men etter tilbakemelding fra disse ble prosedyren forandret. De 14 neste fikk ubegrenset antall øvingsrunder, og startet testen når de selv mente de var klare. Før hver øvingsblokk ble det presentert instruksjoner på skjermen, med bakgrunnstallet eller bakgrunnsprykkene synlig hele tiden.

Resultat

Eksperimentet består av to deler, der det som skiller kun er hvilke stimuli som er valgt. De to delene er ikke motbalansert, så de vil derfor bli analysert hver for seg.

Arabiske tall. For å kunne utføre analysen gruppere jeg runder etter kongruens mellom avstand til bakgrunnstimulus og varighet (2 nivå) og kongruens mellom størrelse og varighet (2 nivå). For å finne ut hva som påvirker tidsopplevelsen, ble GLM repeterte målinger brukt med korrekt eller ukorrekt respons som avhengig variabel, og avstandkongruens, størrelseskongruens som uavhengige variabler. Siden forutsetningen om sfærisitet var brutt ble Huynh-Felt-korreksjoner benyttet.

Først undersøker jeg om testtallenes avstand fra bakgrunnstallet påvirket tidsopplevelsen ved å sette de to nivåene med kongruens mellom avstand til bakgrunnstall og varighet som uavhengig variabel, og finner $F(1, 1) = 0.121$, $p = 0.733$, $\eta^2_p = 0.008$. Dette viser at avstand til bakgrunnstallet ikke hadde effekt på varighet, noe som tyder på at avstand til bakgrunnstallet ikke bestemte lengden av tidsopplevelsen. Gjennomsnittsdifferansen var på -0.00977 , med 95% konfidensintervall mellom -0.06956 og 0.05003 (-7% til 5% forskjell i antall riktige vurderinger). Konfidensintervallet overlappet ikke med resultatene fra Xuan et al. (2007), hvor de med et lignende paradigme fant gjennomsnittlige forskjeller på rundt 8-9 prosent.

Så undersøker jeg om testtallenes størrelse påvirket tidsopplevelsen ved å sette de to nivåene av kongruens mellom størrelse og varighet som uavhengig variabel, og finner $F(1, 1) = 1.224$, $p = 0.286$, $\eta^2_p = 0.075$. Dette viser at størrelse ikke hadde effekt på varighet, noe som tyder på at størrelse ikke bestemte lengden av tidsopplevelsen. Gjennomsnittsdifferansen var på 0.02474 , med 95% konfidensintervall mellom -0.02292 og 0.07240 . Heller ikke størrelse gjorde at folk responderte forskjellig.

Antall prikker. Disse er gruppert likt som for blokken med tall over, da kun utseende på stimuli skiller de to blokkene.

Først undersøker jeg om testprikkenes avstand fra bakgrunnsprikkene påvirket tidsopplevelsen ved å sette de to nivåene med kongruens mellom avstand til bakgrunnsprikker og varighet som uavhengig variabel, og finner $F(1, 1) = 0.536$, $p = 0.475$, $\eta^2_p = 0.034$. Dette viser at avstand til bakgrunnsprikkene ikke hadde effekt på varighet, noe som tyder på at avstand til bakgrunnsprikkene ikke bestemte lengden av tidsopplevelsen. Gjennomsnittsdifferansen var på -0.02083 , med 95% konfidensintervall mellom -0.08150 og 0.03984 .

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

Så undersøker jeg om prikkenes antall påvirket tidsopplevelsen ved å sette de to nivåene av kongruens mellom antall og varighet som uavhengig variabel, og finner $F(1, 1) = 0.277$, $p = 0.606$, $\eta^2_p = 0.018$. Dette viser at størrelse ikke hadde effekt på varighet, noe som tyder på at størrelse ikke bestemte lengden av tidsopplevelsen. Gjennomsnittsdifferansen var på 0.01215, med 95% konfidensintervall mellom -0.03708 og 0.06138. Heller ikke størrelse gjorde at folk responderte forskjellig.

Diskusjon

Deltagerne responderte på varigheten til stimuli uten å la seg påvirke av kvantitetens størrelse eller avstand fra bakgrunnsstimulus. Jeg fant ikke den effekten av avstand jeg fant i eksperiment 1. I tidligere studier som ligner har man funnet at deltagerne lar seg påvirke av størrelse i kvantitet (Oliveri et al. 2008), der store tall oppleves lengre enn små. I mitt eksperiment hadde jeg ventet at enten ville bakgrunnen ha betydning for varigheten ved at tall og prikker som var langt fra bakgrunnsstimulus ville oppleves lengre, tilsvarende resultatet fra eksperiment 1, eller så ville bakgrunnen ikke ha betydning og store tall og mange prikker oppleves lengre, tilsvarende det man har funnet tidligere uten å bruke en bakgrunnsstimulus. Her fant jeg ingen av effektene, verken kvantitetens størrelse eller avstand hadde betydning for lengde.

Eksperimentet hadde 16 deltagere, med 96 runder i hver blokk. Det kan derfor tenkes at deltagerne opplevde en forskjell i varighet, men at de lave antall deltagere gjorde at eksperimentet ikke hadde stor nok statistisk styrke til å oppdage denne. Tidligere nevnte studie av Xuan et al. (2007) hadde lignende eksperimentelt oppsett men uten bakgrunnsstimulus, og fant at forskjeller i størrelse utgjorde en forskjell i intervallet på 8-9%. Et slikt resultat ligger imidlertid utenfor 95% konfidensintervallene i resultatene over, noe som gjør at det ikke er trolig at det er mangel på statistisk styrke som gjør at jeg ikke finner en effekt.

Generell diskusjon

Hovedfunnet jeg har gjort i denne artikkelen er at stimuli som er forskjellig fra bakgrunnen oppfattes som lengre enn stimuli som er mer like bakgrunnen, og at denne effekten er sterkere enn størrelseseffekten. Dette er imidlertid en konklusjon med forbehold, da jeg bare har funnet denne effekten i en av fire forskjellige testsituasjoner.

Etter å ha analysert den første blokken med teststimuli med varighet rundt 1.5 sekunder i eksperiment 1 hadde jeg forventet å finne tilsvarende effekt ved den andre blokken med varighet rundt 3 sekunder også. Hvis det er slik at avstand har betydning, og det er slik at de samme mekanismene gjelder ved alle tidsopplevelse over 1 sekund (Lewis & Miall, 2003), burde deltagerne ha reagert likt i begge situasjoner.

Delvis inspirert av Walsh (2003) sitt felles system for forskjellige mengder, forventet jeg også å finne den samme effekten av forskjell i kvantitet som jeg fant i størrelse. Dette fant jeg ikke. Subsidiært dersom jeg ikke fant denne effekten, forventet jeg på forhånd at deltagerne ville oppfatte den samme effekten som i tidligere studier, der store kvantiteter ble oppfattet som om de varte lengre enn små kvantiteter (Hurewitz, Gelman & Schnitzer, 2006). Heller ikke denne effekten ble funnet. Introduksjonen av en bakgrunnsstimulus har derfor hatt den effekten at størrelse og kvantitet ikke hadde betydning for tidsoppfattelsen.

Svakheter

Eksperimentene har imidlertid flere metodiske svakheter som gjør at resultatene ikke nødvendig er til å stole på. For det første var ikke de to blokkene i hvert av de to eksperimentene motbalansert.

I eksperiment 1 ble deltagerne først testet med en blokk med tidsintervall rundt 1.5 sekunder. Da de etterpå ble de testet med et tidsintervall på 3 sekunder, er det nærliggende å tro at de var påvirket av å ha observert de andre intervallene som var halvparten så store. Før analysene forventet jeg derfor at intervallet på 3 sekunder skulle bli underestimert, da deltagerne kanskje husket det kortere intervallet fremdeles. Gjennomsnittstidene viser imidlertid at begge intervallene ble overestimert. Det er mulig at den eksperimentelle situasjonen gjorde at de misforsto hvilket intervall de skulle reprodusere. Intervallet fra teststimuli var ferdig til deltagerne hørte et klikk som signaliserte at reproduksjonen skulle starte var på 1.5 sekund i begge blokkene, gjennomsnittlig reproduserte deltagerne intervallet 2 sekunder for langt i den første blokken og 2.5 sekunder i den andre. Det er derfor mulig at det eksperimentelle designet var for komplisert i eksperiment 1, og at dette gjorde at deltagerne målte et annet intervall enn det som var planlagt.

Der er mulig at det eksperimentelle designet også i eksperiment 2 var for komplisert. Ved å ha en bakgrunnsstimulus mellom teststimuliene, ble oppgaven muligens for kompleks. I så fall kan dette være en mulig forklaring på hvorfor verken mengde eller avstand påvirket tidsopplevelsen, da kompleksiteten kan ha ført med seg ”støy”.

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

Hvis de to blokkene hadde vært motbalansert, hadde det vært mulig for eksempel å se på forskjellen i estimert tidsintervall mellom 1.5 sekunder og 3 sekunder. Eksperiment 2 bestod også av to forskjellige blokker, og disse ble heller ikke motbalansert. Dette gjør at det også i dette eksperimentet er vanskelig å si noe om forskjellen i responser, da deltagerne kan være påvirket av den første blokken på testen i den andre blokken.

Reproduksjon av intervallet i eksperiment 1 gjorde at variasjonen i responser ble stor. Intervallet i responser lå i utgangspunktet mellom 0.5 sekund og 18 sekunder. Eksperimentet var designet slik at deltagerne skulle høre et klikk før intervallreproduksjonen skulle starte. Flere deltagere fortalte at de glemte dette, og at de av og til begynte reproduksjonen rett etter at teststimulus var ferdig. Slik hendte det flere ganger at de trykket rett etter klikket, og responstiden ble meget lav. Det hendte også at deltagerne hevdet å ha trykket på mellomromstasten for å indikere at intervallet var over, men at dette ikke var registrert av maskinen, slik at de satt og ventet lenge før de skjønnte at de måtte trykke igjen. Tidtakingen var derfor ikke alltid representativ for opplevd tidsintervall i alle målingene. For ikke å få kunstig høy variasjon i responsen, var det derfor nødvendig å plukke ut outliers. Valgte å ta ut de som var to standardavvik over og under gjennomsnittet. Dette utgjorde til sammen 23 responser, 3% av alle responsene.

En åpenbar svakhet er at jeg mellom de to eksperimentene varierte både stimuli og metode. Når resultatet ble så forskjellig mellom de to eksperimentene, er det vanskelig å vite om denne forskjellen skyldes bytte av metode eller stimuli. Det første eksperimentet måler motoriske responser, det andre perseptuelle vurderinger. I følge Wiener, Turkeltaub og Coslett (2010) kan forskjellig oppgave utgjøre stor forskjell i respons.

Et stort problem med eksperiment 1 er å vite sikkert hvordan deltagerne tolket firkantene som ble vist. Eksperimentet var designet slik at det ikke var noen blanke intervaller mellom de forskjellige firkantene, fordi det er mulig at et slik blankt intervall påvirker hvilken bakgrunn deltagerne ser firkantene mot. Dette gjør imidlertid at det er mulig deltagerne ikke oppfattet de forskjellige stimuliene som separate firkanter med forskjellig størrelse, men som en firkant hvor størrelsen beveget seg. En mulig alternativ forklaring til den observerte effekten i eksperiment 1 kan derfor være at det er bevegelse som påvirket tidslengden, ikke størrelse.

Forandringer ved mulig replikasjon

Dersom jeg skulle gjort eksperimentene på nytt, ville jeg gjort noen forandringer. For det første ville jeg valgt samme oppgave for de to eksperimentene, da formålet ikke var å teste om metodene ga samme resultat, men om samme effekt ville finnes med både størrelse og kvantitet. For det andre ville jeg valgt andre tidsintervaller. I eksperiment 2 ble det brukt ett tidsintervall som var likt med eksperiment 1, og ett som var forskjellig, blant annet fordi deltagerne ikke viste ønsket effekt ved 3 sekunder i eksperiment 1. Dersom jeg hadde funnet effekt i eksperiment 2, ville forskjellen gjort det vanskelig å sammenligne resultatene med eksperiment 1. For det tredje ville jeg motbalansert blokkene i hvert eksperiment. Slik hadde det vært lettere å sammenligne resultater mellom blokkene. For det fjerde ville jeg gjort om øvelsessituasjonen slik at alle deltagerne ville fått ubegrenset antall øvelsesrunder, og motbalansert disse. Eksperimentet var designet slik at deltagerne fikk 5 øvelsesrunder før testen startet, men da deltagerne ga tilbakemelding om at dette var for få, lot jeg deltagerne få ubegrenset antall øvelsesrunder. Dette gjorde at testsituasjonen for de to første deltagerne ikke ble helt lik de fjorten neste. Mer problematisk er det faktum at fordi blokkene ikke var motbalansert, øvde de fjorten siste deltagerne på kun den første blokken. Dette gjorde at første blokk potensielt var mer innøvd enn siste, noe som også vanskeliggjør sammenligning mellom dem.

Betydning for teori

På tross av metodiske svakheter som nevnt over kan resultatene gi indikasjoner på hvilke teorier som best kan forklare effektene av størrelse og avstand på varighet. Vil først diskutere betydning for ATOM.

ATOM. Det er vanskelig å forklare resultatene med Walsh (2003) sitt ATOM-system. Dette systemet er felles for forskjellige mengder, slik at en stor stimulus oppleves som lenge fordi begge kvalitetene prosesseres felles. Hvis et slikt felles system ligger bak, må det i så fall være mer komplisert enn at stor mengde i en av kvalitetene fører til stor mengde i en av de andre kvalitetene. Avstand til bakgrunn ser ut til å ha betydning, og teorien bør derfor utvides eller gjøres om slik at det ikke nødvendigvis bare er slik at stor mengde i et system fører til stor mengde i andre systemer.

SET. SET (Gibbon, 1977) og oppmerksomhet (Thomas & Weaver, 1975) kan brukes for å forstå resultatene i eksperiment 1. Forskjeller fanger oppmerksomheten (Garcia-Larrea,

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

Lukaszewicz, & Mauguier, 1992), og de firkantene som var mest forskjellig fra bakgrunnsfirkanten fanget oppmerksomheten mest. Når disse ble presentert, ble flere av generatorens pulser fanget opp av akkumulatoren, og beslutningsprosessen vurderte disse stimuli som om de varte lenge. De firkantene som bare var litt større eller mindre enn bakgrunnsfirkanten fikk mindre oppmerksomhet, færre pulser ble fanget opp, og de opplevdes som kortere. Dette kan ha gitt effekten som deltagerne viste i første blokk. I tillegg fanges oppmerksomheten av store og intense stimuli (for eksempel Berlyne, 1950). Dette gjør at de store firkantene burde få mer oppmerksomhet enn de små, da de får mer oppmerksomhet som følge av at de både var forskjellig og store. Denne effekten fant jeg ikke hos deltagerne. Det kan hende oppmerksomheten påvirkes mer av avstand enn av størrelse, men dette har jeg ikke empirisk belegg for. Resultatet av eksperiment 2 viste ingen forskjell verken av kvantitetens størrelse eller avstand. Dette er vanskelig å forklare med SET.

Nevrosignaturteori. Nevrosignaturteori vektlegger betydningen av størrelsen på aktiveringen stimulus lager for å forstå opplevd tidslengde. Nevronal adaptasjon fører til at stimuli som ligner på stimuli som er presentert før ikke gir like stor aktivering som mer ukjente stimuli. Med dette følger at firkanter som var mest forskjellig fra bakgrunnsfirkanten vil gi størst aktivering, og derfor oppleves som om de varer lengre. Dette kan derfor brukes til å forklare resultatene fra den første blokken i eksperiment 1. For å gi en plausibel forklaring på resultatene i eksperiment 2 kan man kombinere dette med studier som viser at kvantitet prosesseres annerledes enn størrelse (Hurewitz, Gelman & Schnitzer, 2006). Hastigheten på repetisjonsundertrykkelsen er forskjellig avhengig av størrelsen på aktiveringen (Verhoef, Kayaert, Franko, Vangeneugden, Vogels, 2008). Dette kan ha gjort at effekten av avstand er så liten i eksperiment 2, og at den ikke ble funnet med få deltagere. Av teorier diskutert her er det derfor bare nevrosignaturteori som kan forklare resultatene fra eksperimentene.

Avslutning

Denne artikkelen har undersøkt om større stimuli blir oppfattet som om de varer lengre enn små dersom de små og de store stimuli er like forskjellig fra bakgrunnen. Dette ble gjort med to eksperiment der det ene undersøkte størrelse og det andre kvantitet. I eksperimentet med størrelse ble det i en av to betingelser funnet at stimuli som var mer annerledes fra bakgrunnen ble oppfattet som lengre enn stimuli som var mer lik bakgrunnen.

Ingen effekt av størrelse ble funnet. I det andre eksperimentet med kvantitet ble det ikke funnet noen forskjell i opplevd tidslengde for verken kvantitativ størrelse eller avstand.

Hvert eksperiment bestod av to blokker, disse ble ikke motbalansert. Det er derfor vanskelig å si noe om forholdet mellom dem. De to eksperimentene bestod av både forskjellige stimuli, der størrelse varierte i det første og kvantitet i det andre. De bestod også av to forskjellige oppgaver, der den ene testet motorisk tidtaking og den andre testet perseptuell tidtaking. Dette gjør det vanskelig å vite om det var forskjell i stimuli eller i oppgave som gjorde at resultatene ble forskjellige. I det første eksperimentet hvor deltagerne oppfattet stimuli med stor avstand til bakgrunnen som lengre enn stimuli med liten avstand, er det også usikkerhet knyttet til om det var forskjell i størrelse mellom de forskjellige stimuliene som ga effekten, eller om det var slik at deltagerne oppfattet dette som en bevegelse.

Allikevel indikerer eksperimentene at avstand til bakgrunn har betydning for tidsopplevelsen. Dette gjør at Walsh (2003) sin teori om mengde enten må omskrives eller er blitt svekket.

Dersom det er slik at avstand til bakgrunnen, og ikke størrelse som påvirker stimulus opplevde varighet, er det flere veier videre forskning kan ta dette videre. For det første bør det undersøkes på en bedre måte kvantitet påvirkes av bakgrunn. Dette kan gjøres ved å gjenta eksperiment 1, men med tall og prikker i stedet for firkanter. For det andre er det interessant om denne effekten bare er begrenset til de mekanismene som prosesserer tidsintervaller over ett sekund, eller om det også vises i intervaller som er mindre.

Referanser

- Benussi, V. (1913). Versuche zur Analyse taktil erweckter Scheinbewegungen. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 36, 58–135.
- Berlyne, D. E. (1950) 'Stimulus Intensity and Attention in Relation to Learning Theory', *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2: 2, 71-75.
- Brown, S. W. (1995). Time perception and attention: The effects of practice versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception & Psychophysics*, 38, 115– 124.
- Brown, S. W. (1997). Attentional resources in timing: interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception & Psychophysics*, 59, 1118–1140.
- Burle, B. & Casini, L. (2001) Dissociation between activation and attention effects in time estimation: implications for internal clock models. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 27, 195–205.
- Casini, L. & Macar, F. (1997) Effects of attention manipulation on perceived duration and intensity in the visual modality. *Mem. Cogn.* 25, 812–818
- Castelli, F., Glaser, D. E. & Butterworth, B. (2006). Discrete and analogue quantity processing in the parietal lobe: A functional MRI study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 4693–4698.
- Conson, M., Cinque, F., Barbarulo, A. M. & Trojano, L. (2008). A common processing system for duration, order and spatial information: evidence from a time estimation task. *Experimental Brain Research*, 187, 267-274.
- Cook E. P. & Maunsell J. H. (2002). Attentional modulation of behavioral performance and neuronal responses in middle temporal and ventral intraparietal areas of macaque monkey. *J Neurosci* 22:1994--2004.
- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu. Rev. Neurosci.* 18, 193–222.
- Dormal, V., Seron, X. & Pesenti, M. (2006). Numerosity-duration interference: A stroop experiment. *Acta Psychologica*, 121, 109-124.
- Eagleman, D. M. & Pariyadath, V. (2009). Is subjective duration a signature of coding efficiency? *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 1841-1851.
- Fahy, F. L., Riches, I. P. & Brown, M. W. (1993). Neuronal activity related to visual recognition memory: long-term memory and the encoding of recency and familiarity

- information in the primate anterior and medial inferior temporal and rhinal cortex.
Exp. Brain Res. 96, 457–472.
- Fias, W., Fize, D., Georgieva, S. & Lammertyn, J. (2003). Parietal representation of symbolic and nonsymbolic magnitude. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 47–56.
- Fraisse, P. (1964) *The Psychology of Time*. London: Eyre & Spottiswood.
- Fraisse, P. (1978). Time and rhythm perception. I E. C. Carterette & M. P. Friedman (Ed.), *Handbook of Perception, Vol. VIII: Perceptual Coding* (pp. 203-247. London: Academic Press.
- Galfano, G., Rusconi, E. & Umiltà, C. (2006). Number magnitude orients attention, but not against one's will. *Psychonomic Bulletin and Review*, 13(5), 869-874.
- Garcia-Larrea, L., Lukaszewicz, A. C. & Mauguier, F. (1992). Re- visiting the oddball paradigm: Non-target vs. neutral stimuli and the evaluation of ERP attentional effects. *Neuropsychologia*, 30, 723-741.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, 84, 279–325.
- Gibbon, J., Church, R. M. & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. In J. Gibbon & L. Allan (Ed.), *Annals of the New York Academy of Sciences*, (pp. 52-77). New York: New York Academy of Sciences.
- Goldstone, S., Lhamon, W. T. & Sechzer, J. (1978). Light intensity and judged duration. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 12, 83-84.
- Guyau, M. (1890). *La genese de l'idee de temps*. Paris: Alcan.
- Göbel, S., Walsh, V. & Rushworth, M. F. S. (2001). The mental number line and the human angular gyrus. *Neuroimage* 14, 1278–1289.
- Grill-Spector, K., Henson, R. & Martin, A. (2006). Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *Trends Cogn. Sci.* 10, 14–23.
- Grondin, S. (2001). From physical time to the first and second moments of psychological time. *Psychological Bulletin*, 127, 22–44.
- Helson, H. (1930). The tau effect: An example of psychological relativity. *Science*, 71, 536–537.
- Helson, H., & King, S. M. (1931). The tau effect: An example of psycho-logical relativity. *Journal of Experimental Psychology*, 14, 202–217.
- Hodinott-Hill, I., Thilo, K. V., Cowey, A. & Walsh, V. (2002). Auditory chronostasis: hanging on the telephone. *Curr. Biol.* 12, 1779–1781.

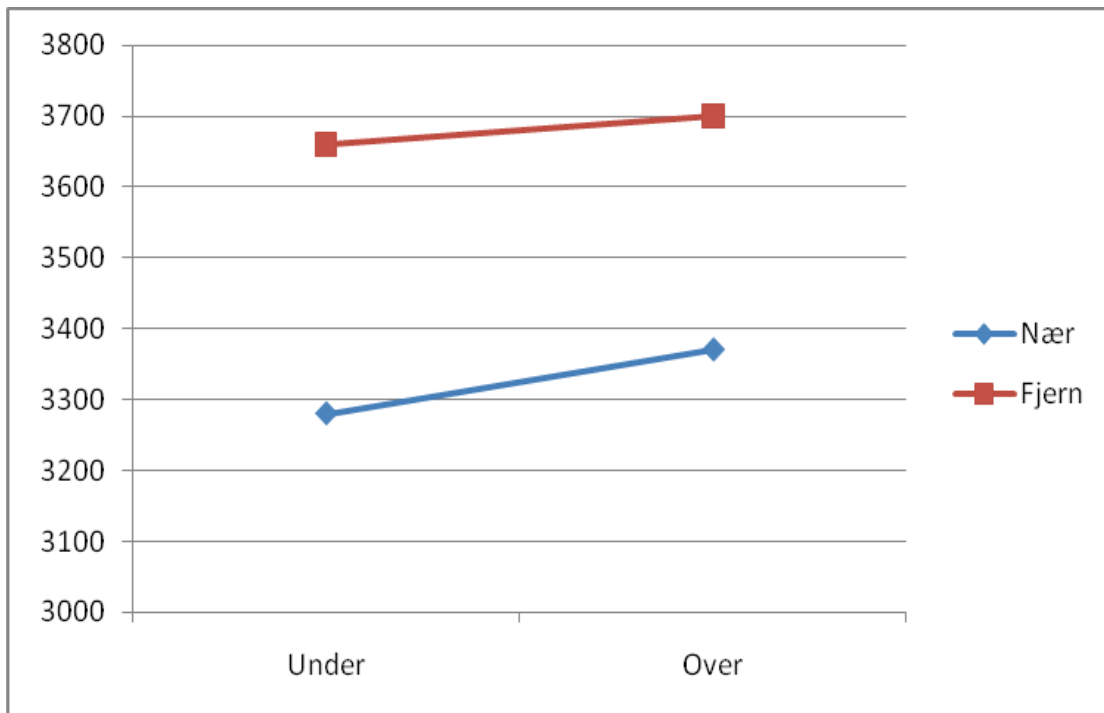
- Hubbard E. M., Piazza M., Pinel P., & Dehaene S. (2009). Numerical and Spatial Intuitions: A Role for Posterior Parietal Cortex?. I L. Tommasi, L. Nadel, and M. A. Peterson, (Ed.) *Cognitive Biology: Evolutionary and Developmental Perspectives on Mind, Brain and Behavior*. MIT Press, Cambridge, Mass. 221-246.
- Hurewitz, F., Gelman, R. & Schnitzer, B. (2006). Sometimes area counts more than number. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103, 19599-19604.
- Laming, D. R. J. (1997). *The measurement of sensation*. London: Oxford University Press.
- Lewis, P. A. & Miall, R. C. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging. *Curr. Opin. Neurobiol.* 13, 250–255.
- Li, L., Miller, E. K. & Desimone, R. (1993). The representation of stimulus familiarity in anterior inferior temporal cortex. *J. Neurophysiol.* 69, 1918–1929.
- Mattes, S. & Ulrich, R. (1998). Directed attention prolongs the perceived duration of a brief stimulus. *Perception & Psychophysics*, 60, 1305–1317.
- Matthews, W. J., Stewart, N. & Wearden, J. (in press). Stimulus intensity and the perception of duration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Oliveri, M., Vicario, C. M., Salerno, S., Koch, G., Turriziani, P., Mangano, R., . . . Caltagirone, C. (2008). Perceiving numbers alters time perception. *Neuroscience Letters*, 438, 308–311.
- Onoe, H., Komori, M., Onoe, K., Takechi, H., Tsukada, H. & Watanabe, Y. (2001). Cortical networks recruited for time perception: A monkey positron emission tomography (PET) study. *Neuroimage* 13, 37–45.
- Penney, T.B. & Vaitilingam, L. (2008). Imaging time. In: S. Grondin (Ed.), *Psychology of Time*. (pp. 261–294). Bingley, UK.
- Pinel, P., Piazza, M., Le Bihan, D. & Dehaene, S. (2004). Distributed and overlapping cerebral representations of number, size, and luminance during comparative judgments. *Neuron*, 41, 983–993.
- Rainer, G. & Miller, E. K. (2000). Effects of visual experience on the representation of objects in the prefrontal cortex. *Neuron* 27, 179–189.
- Rakitin B. C., Gibbon J., Penney T. B., Malapani C., Hinton S. C. & Meck W. H. (1998). Scalar expectancy theory and peak-interval timing in humans. *J Exp Psychol* 24:15–33.

- Saenz M., Buracas G. T. & Boynton G. M. (2002). Global effects of feature-based attention in human visual cortex. *Nat Neurosci* 5:631--632.
- Sarrazin, J. C., Giraudo, M. D., Pailhous, J., Bootsma, R. J. & Giraudo, M. D. (2004). Dynamics of balancing space and time in memory: tau and kappa effects revisited. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 30, 411–430.
- Thomas, E. A. C. & Cantor, N. (1975). On the duality of simultaneous time and size perception. *Perception & Psychophysics*, 18, 44-48.
- Thomas, E. A. C. & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing in time perception. *Perception & Psychophysics*, 17, 363–367.
- Tracy, J. I., Farob, S. H., Mohamedb, F. B., Pinski, M. & Pinu, A. (2000). Functional localization of a ‘time keeper’ function separate from attentional resources and task strategy. *Neuroimage* 11, 228–242.
- Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception & Psychophysics*, 66, 1171-1189.
- Ulrich, R., Nitschke, J., & Rammsayer, T. (2006). Perceived duration of expected and unexpected stimuli. *Psychological Research*, 70, 77-87.
- Verhoef, B. E., Kayaert, G., Franko, E., Vangeneugden, J. & Vogels R. (2008). Stimulus Similarity-Contingent Neural Adaptation Can Be Time and Cortical Area Dependent. *The Journal of Neuroscience*, 28(42):10631-10640.
- Wagenaar, W. A., Nolen-Hoeksema, S., Fredrickson, B. L. & Loftus, G. R. (2009). *Atkinson & Hilgard's Introduction to Psychology*. Florence, KY: Cengage Learning.
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 483-488.
- Wiener M., Turkeltaub, P. & Coslett, H. B. (2010). The image of time: A voxel-wise meta-analysis, *Neuroimage*, 49, 2, 1728-1740
- Wiggs, C. L. & Martin, A. (1998). Properties and mechanisms of perceptual priming. *Curr. Opin. Neurobiol.* 8, 227–233.
- Xuan, B., Zhang, D., He, S. & Chen, X. (2007). Larger stimuli are judged to last longer. *Journal of Vision*, 7, 1-5.
- Zackay, D. & Block, R.A. (1995). An attentional gate model of prospective time estimation. In M. Richelle, et al., (Ed.) *Time and the Dynamic Control of Behaviour*, pp. 167–178, Liege: University of Liege Press.

VARER STØRRE STIMULI LENGRE?

Zorzi, M. & Butterworth, B. (1999). *A computational model of number comparison*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Figur



Figur 1. Estimert gjennomsnitt for intervallreproduksjonen. Nederste linje er runder der firkanten var nærme bakgrunnsfirkanten, øverste linje er runder der firkanten var langt unna bakgrunnsfirkant.